

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-041685

(43)Date of publication of application : 09.02.1990

(51)Int.Cl. H02N 11/00
B25J 19/00

(21)Application number : 63-190875 (71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV
LAB INC

(22)Date of filing : 29.07.1988 (72)Inventor : KURAUCHI NORIO
OKADA AKANE
HIROSE MIHARU
SHIGA TORU

(54) MECHANOCHEMICAL ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To rapidly and largely bend and deform by controlling a DC voltage to be applied between positive and negative electrodes, and so absorbing and swelling electrolyte solution as to differentiate ionic polymer gel on positive and negative electrode sides.

CONSTITUTION: A mechanochemical actuator is formed at a rectangular shell 1 of a polymer elastic material such as, for example, an acryl film or the like, and platelike ionic polymer gel 2 to be bent by the application of a DC voltage and platelike positive and negative electrodes 3, 4 for applying electric energy to the gel 2 are disposed in an

inner space. The electrode 4 is flexible, and deformed upon deformation of the gel 2, and the electrode 3 is so disposed that the gel is not brought into contact therewith through a plastic spacer 5. The electrodes 3, 4 are covered on the surfaces with nonionic polymer gel 7, and electrolyte solution 6 is filled in a remaining space. A power source 8 is connected between both the electrodes. Thus, the positive electrode side face absorbs much solution to be swelled under the control of the application of a voltage thereby to bend the whole.

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-41685

⑬ Int. Cl. 5

H 02 N 11/00
B 25 J 19/00

識別記号

府内整理番号

Z 7052-5H
A 8611-3F

⑭ 公開 平成2年(1990)2月9日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 メカノケミカルアクチュエータ

⑯ 特願 昭63-190875

⑰ 出願 昭63(1988)7月29日

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| ⑱ 発明者 倉 内 紀 雄 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 |
| ⑲ 発明者 岡 田 茂 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 |
| ⑳ 発明者 広 濑 美 治 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 |
| ㉑ 発明者 志 賀 亨 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 |
| ㉒ 出願人 株式会社豊田中央研究所 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 |
| ㉓ 代理人 弁理士 高橋 克彦 | 外1名 |

明細書

ことを特徴とするメカノケミカルアクチュエータ。

1. 発明の名称

メカノケミカルアクチュエータ

2. 特許請求の範囲

- (1) 弹性材料よりもなり、内部に空間のある外殻と、該外殻内に形成された空間内に挿入された電解質溶液と、前記空間内に配置され、表面を非イオン性高分子ゲルにより被覆されてなる正電極及び負電極と、該正電極と負電極とに接続されてなり、該正電極と負電極との間への直並電圧印加の制御を行う電源手段と、該正電極と負電極との間であって、上記直並電圧印加の制御に伴うその変形により生ずる変形力が上記外殻に作用する位置に配置されてなるイオン性高分子ゲルとよりなることを特徴とするメカノケミカルアクチュエータ。
- (2) 請求項(1)記載のメカノケミカルアクチュエータにおいて、上記正電極を、イオン性高分子ゲルと直接接触するのを防止する手段を具備してなる

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、スイッチ素子やロボットの触指等に適用することができる、電気的刺激により屈曲するメカノケミカルアクチュエータに関するものである。

〔従来技術〕

ロボット工学や医療技術の進歩に伴い、軽量で柔軟性に富む小型のアクチュエータに対するニーズが急速に高まっている。従来、アクチュエータは、モーターに見られるように電磁気力を基本としたものが長い間使われてきた。この種のアクチュエータは制御が工学的に容易であるという長所がある反面、構造が複雑であるうえにシステムが大掛かりになり出力重量比が小さいという欠点が存在する。また柔軟性という点でかなり劣っている。そこで、上記ニーズに対して一方では新しい原理によるアクチュエータが検討され、高分子ゲルに

代表されるメカノケミカル物質を用いたものが注目を浴びてきている。

ここで、メカノケミカル物質とは、溶媒の組成変化や光などの刺激により自らが機械的変形を行う有機物質のことであり、これを利用したアクチュエータは小型、軽量であり、かつ柔軟性に富むと同時に自らが変形するので出力重量比が大きくなることが期待される。これまでに光照射や溶媒交換によりメカノケミカル物質が伸縮することを利用したアクチュエータが提案されている（特開昭60-184975号）。

これらのアクチュエータでは、刺激種とメカノケミカル物質とを物理的に接触しやすいようにして応答性の向上を図っているが、構造が複雑になり、刺激種を工学的に制御するのに困難さを伴う。

また、制御が容易な電気を刺激種に選んでメカノケミカル物質を伸縮させるシステムも提案されている（特開昭62-151824号、特開昭61-4731号）。特開昭62-151824号記載の電気的刺激によりメカノケミカル物質が伸

縮するシステムでは、外殻の内部空間全体にメカノケミカル物質が充填されたために、電圧の印加により正極付近のメカノケミカル物質が収縮した際にメカノケミカル物質の内部に残留応力が発生してメカノケミカル物質を破壊せしめる。また、特開昭61-4731号記載のシステムでは、メカノケミカル物質を溶液中に浸漬し、溶液中の電極に電圧を印加して、該ノカノケミカル物質を電気の作用により大きく屈曲させようとするものであり、これを用いてアクチュエータへの応用が考えられている。しかし、溶液中でしか使用することができず、応用の範囲が限定されてしまう。

〔第1発明の説明〕

本第1発明（特許請求の範囲第1項に記載の発明）は、上記従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、作動時にメカノケミカル物質の特性を損なわず、大気中においても使用可能なメカノケミカルアクチュエータを提供しようとするものである。

本第1発明のメカノケミカルアクチュエータは、

- 3 -

- 4 -

弾性材料よりなり、内部に空間のある外殻と、該外殻内に形成された空間内に挿入された電解質溶液と、前記空間内に配置され、表面を非イオン性高分子ゲルにより被覆されてなる正電極及び負電極と、該正電極と負電極とに接続されてなり、該正電極と負電極との間への直流電圧印加の制御を行う電源手段と、該正電極と負電極との間であって、上記直流電圧印加の制御に伴うその変形により生ずる変形力が上記外殻に作用する位置に配置されてなるイオン性高分子ゲルとよりなることを特徴とするものである。

本第1発明のメカノケミカルアクチュエータは、上記正電極及び負電極の間への直流電圧の印加を制御することによりメカノケミカル物質であるイオン性高分子ゲルがその正電極側の面において負電極側の面よりもより多くの電解質溶液を吸収してより膨潤することにより屈曲変形する。この変形に伴う作用力を外殻に作用させることにより結果としてアクチュエータ全体が屈曲する。また、電圧を除くか、あるいは電極の正・負を逆にする

ことによりイオン性高分子ゲルが電解質溶液を排出するため元の状態に復元し、それに伴ってアクチュエータ全体は元の状態に復元する。更に、上記電極の正・負を逆にした状態を続けるとアクチュエータ全体が反転することもできる。本第1発明のアクチュエータは、外殻内に配置されてなる電解質溶液の高分子ゲル内への吸収・排出の繰り返しにより、高分子ゲルを屈曲・復元運動させるものであるため、ゲルにおける残留応力の発生を抑制し、イオン性高分子ゲルが破壊することはなく、その特性が損なわれることはない。また、本第1発明のアクチュエータは、電解質溶液、電極及びイオン性高分子ゲルを外殻内に収容押置するものであるため、従来のように溶液中でしか作動しないという問題ではなく、大気中においても使用することができる。従って、広範囲な用途に利用することができる。更に、本第1発明のアクチュエータは、正電極と負電極とが外殻の空間で一体化され、両者の間隔を短くすれば、微小な電圧（数V程度）によっても作動し、屈曲の速度及び

- 5 -

- 6 -

発生する歪みの量等を容易に制御することができ

る。

このような特性を有する本第1発明のアクチュエータは、スイッチ素子、開閉弁、ロボット触指等に応用することができる。

[第2発明の説明]

以下、本第1発明をより具体的にした発明（本第2発明とする）を説明する。

本第2発明のメカノケミカルアクチュエータは、イオン性高分子ゲルと、電解質溶液と、表面を非イオン性高分子ゲルにより被覆されてなる正電極及び負電極とが弾性材料よりなる外殻の内部空間に配置されてなるものである。

上記イオン性高分子ゲルは、電場の印加、解除により屈曲・復元運動を行うものであり、電場に応答するためにイオン性のものとする。該イオン性高分子ゲルとしては、以下のようないものを用いるのが望ましい。すなわち、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸を溶解させた水・ジメチルスルホキシド混合溶液を2回ないし数回繰り返し

- 7 -

トリウム水溶液の浸漬を省くと、高分子ゲルはほとんど屈曲しない。

本第2発明における電解質溶液は、水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素カリウム等の堿基性塩の水溶液が良い。塩化ナトリウム、臭化カリウム等の中性塩を用いることでもできるが、メカノケミカルアクチュエータを長時間連続して作動させるとその性能が徐々に低下する。

塩酸、リン酸、塩化マグネシウム、硫酸第二鉄等の酸性塩や2価、3価の陽イオンをもつ塩は前記イオン性高分子ゲルのメカノケミカル特性を失わせる。

正電極と負電極は、表面を非イオン性高分子ゲルで被覆されたものとする。これは、電極の素材である金属と外殻とが直接接觸するのを防ぎ、外殻を保護するためである。

該非イオン性高分子ゲルとしては特に制限はないが、例えば4%ポリビニルアルコール水溶液を繰り返し凍結解凍して得られる高分子ゲルが望ましい。正電極及び負電極の素材としては、白金線、

導線解凍し、さらにその生成物を水酸化ナトリウム水溶液に浸漬することにより得られるイオン性高分子ゲルである。この高分子ゲルは機械的強度に優れ、衝撃等の外力では容易に破壊しない。この場合、上記混合溶液の有機溶媒としてはジメチルスルホキシド以外のものを使うこともできるが、ポリビニルアルコールと相溶性のあるジメチルスルホキシドが最もよい。上記混合溶液の場合、ジメチルスルホキシドの体積分率が25~40%の混合溶液を用いることが良く、体積分率20%以下、または40%以上の場合、イオン性高分子ゲルは得られるものの電気的刺激により応答して生ずる屈曲の歪みは小さい。凍結解凍の条件として前記混合溶液を60°C以上に加熱した後-40°C以下の温度で急に凍結し、さらに1時間当たり10°C以下の昇温速度でゆっくりと解凍するのが好ましい。この条件以外で得られた生成物は、次の水酸化ナトリウム水溶液に浸漬する工程で著しく膨潤して最終のイオン性高分子ゲルの機械的強度は低下する。なお、製造工程のうち、水酸化ナ

- 8 -

金薄葉、カーボン織維等の柔軟性を有するものが良い。上記非イオン性高分子ゲルを被覆する方法としては、非イオン性高分子ゲルの薄膜を作成した後それを接着剤を用いて電極に被覆するのが望ましい。

また、被覆する非イオン性高分子ゲルの厚さとしては、0.1mm~1mmの範囲が適当である。この正電極と負電極とは1対でもよく更にそれ以上の数用いても良い。また、正電極と前記イオン性高分子ゲルとが直接接觸するのを防止する手段を具備しておくのが望ましい。これは、正電極とイオン性高分子ゲルとが接触すると、両者が反応してイオン性高分子ゲルが有するメカノケミカル特性が減少して電気的刺激に對して応答しにくくなるためである。従って、アクチュエータが屈曲した状態から復元させるために、正・負の電極を逆にする場合、以前負電極であったものが正電極となるが、復元する状態では、イオン性高分子ゲルが電解質溶液を排出しているため該電極とイオン性高分子ゲルとの相互作用は小さく両者が接觸して

- 9 -

いても問題はない。しかし、更にアクチュエータを反転させる場合には、両者の相互作用が大きくなるため、この場合には、該電極は、イオン性高分子ゲルと接触しない位置に配置するのが良い。

この接触防止手段としては、正電極とイオン性高分子ゲルとの間にスペーサを設置しておく等により具備できる。

上記イオン性高分子ゲル等を内部に配置する外殻は、内部の物質を外力から保護する働きをするものであり、素材を弾性材料とする。該弾性材料は、高分子が望ましく、例えば、アクリルフィルム、ニトリル・ブタジエンゴム等が挙げられる。

外殻の内部の空間では、正電極と負電極との間にイオン性高分子ゲルがはさまれた形の積層状で配置するのが良い。

また、イオン性高分子ゲルは、その屈曲・復元運動により外殻を変形させて、アクチュエータ全体を屈曲・復元させるものである。そのため、イオン性高分子ゲルの配置は、上記正電極と負電極との間であって、かつ両電極間への直流電圧印加

の制御に伴うイオン性高分子ゲルの変形により生ずる変形力を上記外殻に作用する位置とする。この例としては、第5図に示すように、正・負の電極3、4間であって、イオン性高分子ゲル2の両端が外殻1の空間内面に固定されている配置がある。この場合、イオン性高分子ゲル2が変形することにより、イオン性高分子ゲル2が固定している外殻の部分が変形力を受けて外殻全体が変形する。また、第6図に示すように、イオン性高分子ゲル2の一端が外殻1に固定されている配置があり、この場合には、ゲル2の他端が変形することにより可挠性の電極3（あるいは4）に当接する。これによって電極を介して外殻全体が変形される。また、第7図に示すように、イオン性高分子ゲル2は、何ら固定されていないが電極3、4とゲル2との間隔がゲルの変形に対して充分狭い位置にしてあり、この場合には、ゲル2の端部が変形に伴い移動することにより電極3（あるいは4）に当接し、外殻全体を変形させる。また、第8図に

- 1 1 -

- 1 2 -

示すように、イオン性高分子ゲル2の一方の側のみが電極に固定されている配置があり、この場合、ゲル2が例えば、「く」の字に変形すると、固定した側の電極（図では4）の上端及び下端が変形に伴う作用を受けて、その電極側の外殻面が変形すると共に、それに伴って図の上下の外殻部分を介して作用する変形力により反対側の外殻面も変形して、外殻全体が変形する。以上の例では、電極は、可挠性である必要がある。なお、電極が可挠性を有する必要のない例として、第9図に示すように、正・負両電極3、4の張さが短く、その間のイオン性高分子ゲル2は長く、その一端が外殻1に固定されている配置がある。この場合、電極が対向する部分のゲル2の変形により他端にまで変形が及び、この他端が外殻1に当接して、外殻1全体が変形する。ゲル2は、電極に影響されずに、外殻に変形力を与えることができるので、電極は可挠性でなくてもよい。また、第10図に示すように、2組の電極が外殻空間の上部と下部にそれぞれ配置され、1個のイオン性高分子ゲル

2が2組の電極3、4の間であって、かつその両端が外殻1に固定されてなる配置である。この場合、2組の電極3、4とを同じような極性の印加をすると、ゲル2は上端と下端とが同じ方向に変形するためS字に変形し、また、反対の極性の印加をすると、ゲル2は「く」の字に変形し、それぞれ外殻全体を変形させる。ゲル2は、電極3、4に影響されずに外殻を変形させることができるため、電極3、4は可挠性でなくてもよい。

本第2発明のアクチュエータは、電場の印加・解除、あるいは印加電場の正・負の逆転により屈曲・復元運動を行うものであり、印加する電圧としては直流電圧とする。そのため、正電極と負電極とに接続される電源手段は直流電源とする。

【実施例】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図は、本実施例のアクチュエータの断面図を、第2図は、その一部切欠斜視図を示す。

長方体の外殻1は、高分子弾性材料、例えば、

- 1 3 -

- 1 4 -

アクリルフィルム、ニトリル・ブタジエンゴム等よりなり、内部に空間を有する。該空間内には、直流電圧の印加によって屈曲する板状のイオン性高分子ゲル 2 と、上記イオン性高分子ゲル 2 に電気エネルギーを与えるための板状の正電極 3 及び負電極 4 とが該イオン性高分子ゲル 2 をはさむように重複されて配置されてなる。負電極 4 は可撓性で、イオン性高分子ゲル 2 の変形に伴って変形するようになっている。正電極 3 はプラスチックスペーサー 5 を介してイオン性高分子ゲル 2 に接触しないように位置されてなる。なお、負電極 4 は、イオン性高分子ゲル 2 に接触しても問題ではなく、負電極 4 とイオン性高分子ゲル 2 の接触界面を接着剤で接合してよい。正電極 3 及び負電極 4 は、その表面を非イオン性高分子ゲル 7 により被覆されてなる。また、残りの空間には電解質溶液 6 が満たされている。

また、イオン性高分子ゲル 2 は、外殻 1 の空間と張さが同じであるため外殻 1 に拘束されている。そのため、高分子ゲル 2 が変形すると外殻 1 も変

形する。

上記正電極 3 と負電極 4 とは、その先端部が外殻 1 より突出しており、それぞれ電源 8 に接続されてなる。この電源 8 より前記イオン性高分子ゲル 2 に直流電圧が印加制御される。電圧の印加制御によりイオン性高分子ゲル 2 の内部と電解質溶液 6 中とのイオンが正及び負電極に向かって移動するに伴い、イオン性高分子ゲルがその正電極側の面において負電極側の面よりも多くの電解質溶液を吸収してより膨脹する。その結果として、イオン性高分子ゲル 2 の正電極 3 近傍の内部に引張応力が生じて、イオン性高分子ゲル 2 が屈曲して、アクチュエータ全体が屈曲する。また、電圧の印加の解除、あるいは正・負電極の逆転によりイオン性高分子ゲル 2 が電解質溶液を排出し、その結果として内部の引張応力を減少するために形状を復元して、アクチュエータ全体も復元する。なお、正・負電極の逆転を行う場合、正・負両電極はイオン性高分子ゲル 2 に接触しないように位置するのがよい。

- 15 -

- 16 -

本実施例のアクチュエータは、電解質溶液によりイオン性高分子ゲルにおける残留応力の発生を抑制して、イオン性高分子ゲルの屈曲・復元運動を滑らかに行う。更に、イオン性高分子ゲル等が一体化しているので、大気中でも使用することができる。

また、他の実施例として、第 3 図及び第 4 図に示すものがある。第 3 図は該実施例のアクチュエータの断面図、第 4 図はその一部切欠斜視図である。この実施例のアクチュエータは、正電極 3 がイオン性高分子ゲル 2 の長さよりも長く、しかもひだ状に配置され、しかもイオン性高分子ゲル 2 よりも長さの短い負電極 4 を使用した以外は前記実施例のものと同様のものである。この実施例では、正電極 3 がひだ状に配置されているので折がる（伸びる）ことが可能であるため、またイオン性高分子ゲル 2 より長さが長いのでイオン性高分子ゲル 2 の正電極側の面全体に引張応力を発生させることができるのでアクチュエータをより速く、しかもより大きく屈曲させることができる。

また、負電極 4 は、短いので、イオン性高分子ゲル 2 の形状が直接外殻 1 を変形させることができるので、負電極 4 は可撓性である必要はない。

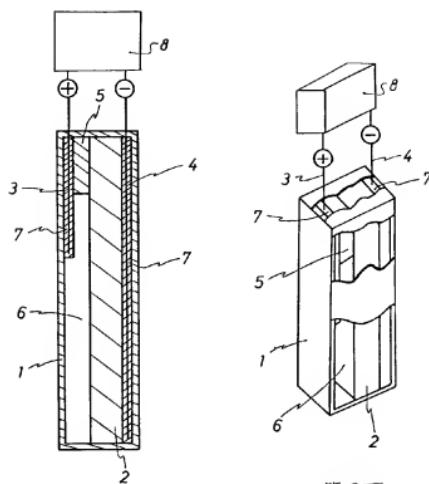
4. 四面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の実施例におけるメカノケミカルアクチュエータの断面図、第 2 図は、そのメカノケミカルアクチュエータの一部切欠斜視図、第 3 図は、他の実施例におけるメカノケミカルアクチュエータの断面図、第 4 図は、そのメカノケミカルアクチュエータの一部切欠斜視図、第 5 図ないし第 10 図は、本発明のメカノケミカルアクチュエータにおけるイオン性高分子ゲルの配置の具体例を示す断面図である。

- 1 … 外殻、 2 … イオン性高分子ゲル、
- 3 … 正電極、 4 … 負電極、
- 5 … プラスチックスペーザー、
- 6 … 電解質溶液、 7 … 非イオン性高分子ゲル
- 8 … 電源

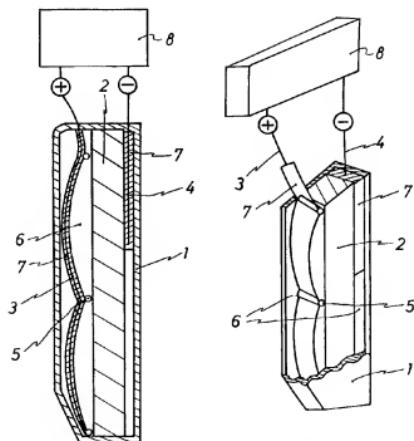
- 17 -

- 18 -



第2図

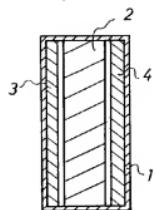
第1図



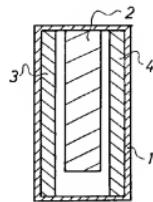
第4図

第3図

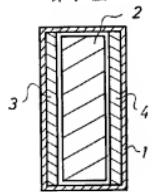
第5図



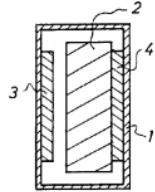
第6図



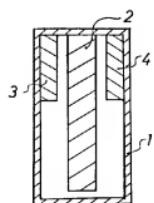
第7図



第8図



第9図



第10図

